

2.Середа Е. А., Копченков В. Г. // Лабораторная установка для исследования газоабразивного изнашивания. 2006. № 10. С. 53-56.

3. ГОСТ 23.201-78. Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания материалов и покрытий на газоабразивное изнашивание с помощью центробежного ускорителя. – Москва: Национальные стандарты, 2006. – 10 с.

4. Nutchings I. M. Abrasive wear and manufacturing processes. Metal. Ital. – 2002 (94), № 2, 17 – 21.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СВАРИВАЕМОСТИ ПЕНОМАТЕРИАЛОВ

Безгинов Р.О.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Кректулева Р.А., к. ф. – м.н., доцент
кафедры оборудования и технологии сварочного производства*

Современная металлургическая промышленность в различных странах мира с каждым годом наращивает производство пеноалюминия, пеносталей и других пеноматериалов на основе металлов. Намечается стремительный рост номенклатуры изделий из пеносплавов. Это связано с совершенно уникальными свойствами получаемых пеноматериалов: повышенными шумозащитным, теплозащитными и ударозащитными характеристиками, а также их легкостью. Плотность пеносплавов может быть в 2 - 10 раз ниже, чем у исходных монолитных материалов основы. Линейные размеры пор могут варьироваться от долей микрона до нескольких миллиметров. Внутренняя структура материала основы зависит от общей пористости и технологии изготовления пеноматериала. Перспектива применения сверхлегких пеноматериалов обещает быть весьма привлекательной в таких отраслях промышленности, как строительство, самолетостроение, наземный и водный транспорт, станкостроение и других.

На сегодняшний день существенным фактором, который препятствует широкому применению металлических пеноматериалов, является проблема их соединения в одно целое. Традиционные технологии сварки плавлением для соединения пористых элементов малопригодны. Как показывает опыт, существуют определенные трудности при выборе рациональных режимов для получения

качественных сварных соединений сваркой плавлением [1,2]. В связи с этим требуются более подробные исследования.

В данной работе применен метод электронного проектирования технологии сварки плавлением, Рассмотрена аргонодуговая сварка неплавящимся электродом. Способы ее проектирования описаны в работах [3,4]. Использована математическая модель нагрева структурно неоднородного материала движущимся электродуговым источником [3]. Она имеет следующий вид:

уравнение теплопроводности

$$\rho(T) \cdot C_p(T) \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\lambda(T) \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \cdot \left(\lambda(T) \cdot \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \cdot \left(\lambda(T) \cdot \frac{\partial T}{\partial z} \right); \quad (1)$$

уравнение фазовых превращений:

$$L_k \cdot V_k = \lambda_s \frac{\partial T}{\partial n_{+0}} - \lambda_l \frac{\partial T}{\partial n_{-0}}; \quad (2)$$

распределение плотности потока энергии по поверхности материала в зоне действия источника:

$$q(r) = \frac{I \cdot U \cdot \eta}{\pi \cdot e^{(-k \cdot r^2)}}; \quad (3)$$

начальные и граничные условия:

$$T(x, y, z, 0) = T_0; \quad (4)$$

$$\lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial n} = \lambda_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial n}, \quad x, y, z \in S_{12}; \quad (5)$$

$$\lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial n} = \lambda_3(T) \frac{\partial T_3}{\partial n}, \quad x, y, z \in S_{R-r}; \quad (6)$$

$$\lambda_1(T) \frac{\partial T}{\partial n} = q \quad x, y, z \in S_r; \quad (7)$$

$$\lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial n} = \lambda_4(T) \frac{\partial T_4}{\partial n}, \quad x, y, z \in \Gamma_1; \quad (8)$$

$$\lambda_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial n} = \lambda_4(T) \frac{\partial T_4}{\partial n}, \quad x, y, z \in \Gamma_2. \quad (9)$$

В уравнениях (1) – (9) приняты следующие обозначения: $\rho(T)$ – плотность; $C_p(T)$ – теплоемкость; T – температура; t – время; x, y, z – пространственные координаты; $\lambda(T)$ – зависимость коэффициента теплопроводности от температуры; L_k – теплота фазового перехода (в том числе, плавление, испарение, кристаллизация); V_k – скорость фронта фазового перехода; n – вектор нормали к границе раздела фаз (индексы внизу \pm указывают на разные стороны от границы раздела); λ_s, λ_l – коэффициенты теплопроводности материала в состоянии фазового перехода (например, в твердой и жидкой фазах

соответственно); q – поглощенное количество тепла в поверхностном объеме; r – радиус теплового пятна от источника нагрева; η, k, I , и U – параметры, управляющие мощностью источника нагрева; S_{12} – площадь контакта нагреваемого образца с включением; S_{R-r} – площадь контакта образца с защитным газом; S_r – площадь контакта с источником нагрева (площадь теплового пятна); Γ_1 – свободная поверхность нагреваемого образца; Γ_2 – свободная поверхность включения. В обозначениях физических параметров индекс «1» относится к материалу основы нагреваемого образца, «2» – материалу включения, «3» – защитному газу, «4» – газовой среде. Все теплофизические параметры модели вводятся с той степенью нелинейности, которая определяется экспериментом, без каких-либо упрощений.

Источник нагрева движется по поверхности прямолинейно. Система уравнений (1) - (9) решается численно конечно-разностным методом.

В расчетах макроструктуру пенистого (пористого) материала задавали послойно, как по стохастическому распределению, так и упорядоченно. Размер пор и их распределение по толщине слоя не изменяли. Линейные размеры пор составляли от 0,4 до 2,5 мм, Нижнее ограничение обусловлено тем, что сварочный источник нагрева практически не реагирует на одиночные поры размером 0,2x0,2x0,2 мм и меньше [4]. Увеличение количества мелких пор изменяет теплофизические свойства материала в целом, но не локально. Верхнее ограничение размера пор обусловлено технологией получения пеноматериалов.

В работе применяли три типа проектирования CAD/CAE/CAM (Computer Aided Design/ Computer Aided Engineering/ Computer Aided Manufacturing). На Рис.1 представлены примеры системы CAD проектирования пеноматериалов с различным распределением пор.

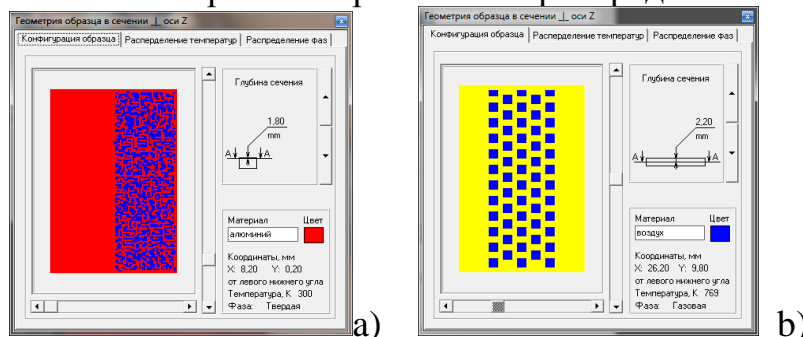


Рис. 1. Примеры конструирования пеноматериала путем послойного стохастического (а) и упорядоченного (б) заполнения порами.

По изложенной схеме были сконструированы пеноматериалы с различной формой пор и различной пористостью. Проводили расчеты формирования сварных соединений в пеноматериалах на основе стали Ст3 и технически чистого алюминия. Рассматривали поры, заполненные воздухом или вакуумом. В соответствии с рекомендациями [4] исследовали только закрытоячеистые пеноматериалы (пористая поверхность которых закрыта тонким слоем сплошного металла).

На рис. 2 представлены фрагменты поростали, на основе которой проводили CAD/CAE/CAM – проектирование и экспериментальные исследования формирования сварного шва при аргодуговой сварке неплавящимся электродом.



Рис. 2. Фрагмент поростали "с)" с программной моделью "а)" и кривые изменения температуры "b)" по длине и по глубине образца через 0,4 мм сверху вниз.

На рис.3а представлены результаты CAD/CAE/CAM - проектирования сварного соединения пеноалюминия со сплошной пластиной из алюминиевого сплава Д16 и экспериментальный образец (3, b), выполненный в соответствии с расчетами..

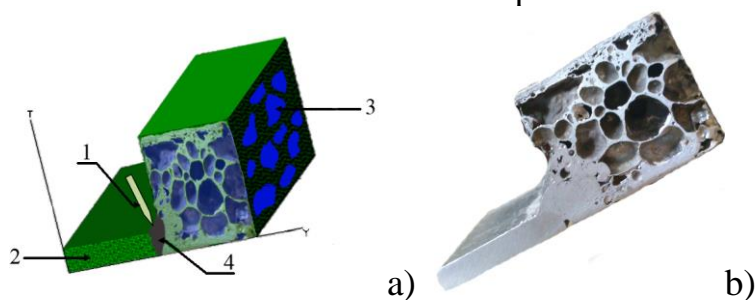


Рис.3. Схема компьютерного эксперимента (а) и физический аналог (b): 1- положение источника нагрева, 2- пластина сплошного алюминия, 3 – пеноалюминий, 4 – сварной шов

В заключение отметим, что при моделировании сварки пеноалюминия стохастическое распределение пор внутри образца неизвестно, поэтому его задавали произвольно, но таким образом,

чтобы вес (общая пористость) модельного и реального образцов совпадали.

По результатам компьютерных экспериментов проведены реальные физические эксперименты, позволившие подтвердить достоверность численных моделей и обосновать технологические режимы, при которых можно обеспечить свариваемость пеноматериалов в широком интервале изменения пористости.

Список информационных источников

1. Shih J.-S., Tzeng Y.-F., Yang J.-B. Principal component analysis for multiple quality characteristics optimization of metal inert gas welding aluminum foam plate/Materials and Design 32 (2011) 1253–1261

2. Smith B.N., Szymszewska S., Hajjar J.F., Schafer B.W., Arwade S.R. Steel foam for structure: A review of applications, manufacturing and material properties/Journal of Constructional Steel Research 71 (2012) 1-10.

3. Кректулева Р.А. Компьютерное моделирование и анализ теплофизических процессов при сварке неплавящимся электродом с использованием теплофизических покрытий // Сварка и Диагностика. – 2011. – №4. – С.45-50.

4. Кректулева Р.А., Мишин М.А. Анализ свариваемости пеноалюминия по результатам компьютерных экспериментов.//Сварка и диагностика. –2012. – №3. – С.38-41.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ДЛЯ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Буряков С.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Киселев А. С., к.т.н., доцент кафедры
оборудования и технологии сварочного производства*

Один из способов повышения технико-эксплуатационных показателей и ремонтпригодности промышленного оборудования является разделение его на функциональные блоки. В частности, этот принцип широко используется при разработке оборудования для дуговой и контактной сварки. Как правило функциональные блоки выполнены в виде отдельных печатных плат, что значительно снижает затраты при изготовлении и ремонте.